

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ – ODRŽIVI RAZVOJ

PETRA MIŠAK

**DALJINSKO GRIJANJE U SUSTAVU
TOPLINSKE ENERGIJE**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2016.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ – ODRŽIVI RAZVOJ

PETRA MIŠAK

**DALJINSKO GRIJANJE U SUSTAVU
TOPLINSKE ENERGIJE**

**DISTRICT HEATING IN THE SYSTEM OF
THERMAL ENERGY**

ZAVRŠNI RAD

Mentor

prof. dr. sc. Budimir Mijović

ČAKOVEC, 2016.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru dr. sc. Budimiru Mijoviću na vodstvu, razumijevanju, podršci i korisnim savjetima prilikom izrade ovog rada.

Zahvaljujem i svojoj obitelji, a posebno roditeljima ocu Berislavu i majci Gordani na razumijevanju i potpori tijekom izrade završnog rada i studija.

Petra Mišak

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Petra Mišak

SADRŽAJ

Sažetak

1. UVOD.....	7
2. POSTROJENJA DALJINSKOG GRIJANJA.....	9
2.1 Kotlovnice	9
2.2 Daljinski cijevni sustav	10
2.2.1 Jednocijevni sustavi.....	10
2.2.2 Dvocijevni sustavi	10
2.2.3 Trocijevni sustavi	11
2.2.4 Četverocijevni sustavi.....	11
2.3 Daljinski cijevni sustavi parovoda	11
2.4 Toplinske stanice	11
3. RAZVODNA MREŽA	12
4. TOPLINSKA STANICA.....	14
4.1.Sastavni dijelovi toplinske stanice.....	14
4.2.Opći zahtjevi za toplinsku stanicu	18
4.3.Podjela toplinskih stanica	21
5. BALANSIRANJE MREŽE.....	25
6. MJERENJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE	26
7. PRIMJER PRORAČUNA GRIJANJA	29
7.1.Proračun toplinskih gubitaka (grijanje)	29
7.1.1.Transmisijski toplinski gubitci.....	29
7.1.2.Ventilacijski toplinski gubitci.....	40
7.1.3.Ukupni toplinski gubitci.....	49

7.2.Izvedba toplinske mreže	50
8. ZAKLJUČAK.....	55
9. LITERATURA	57
PRILOZI	59

SAŽETAK

U radu je najprije objašnjen pojam daljinskog grijanja. Kod daljinskog grijanja voda je najčešći prijenosnik energije koji se od toplane pa preko razvodne mreže distribuira do potrošača.

Zatim su dalje objašnjena postrojenja daljinskog grijanja, njezine podjele i značenje svake. Poblže je objašnjena i razvodna mreža koju čine toplovodi, vrelovodi i parovodi, a služi za prijenos toplinske energije od toplane do objekta potrošača.

Toplinska stanica služi za opskrbu potrošača toplinskom energijom za grijanje i istovremenu pripremu potrošne tople vode.

U radu je dan i proračun grijanja objekta koji se sastoji od četiri ureda, hodnika, arhive, sobe za sastanke, kuhinje i dva WC-a. Izračunati su transmisijski i ventilacijski gubici koji zajedno čine ukupne toplinske gubitke te je na temelju toga odabran način za izvedbu toplinske mreže.

Ključne riječi: *daljinsko grijanje, toplinska mreža, toplinski sustavi*

1. UVOD

Sustavi daljinskog grijanja predstavljaju način opskrbe potrošača toplinskom energijom za grijanje pomoću vode kao prijenosnika energije koji se na potrebnu temperaturu zagrijevaju na jednom mjestu (toplani, termoelektrani-toplani) i preko razvodne mreže distribuira prema toplinskim podstanicama, gdje se u toplinskim izmjenjivačima toplina predaje na kućnu cijevnu mrežu [2].

Pojedinačno grijanje objekata podrazumijeva da svaka zgrada treba imati vlastiti sustav centralnog grijanja. Tu se javlja potreba za skladišnim prostorom za gorivo i vlastitim dimnjakom, te odgovarajućim prostorom za kotlovnicu. U naseljima s većim brojem zgrada, pojedinačni sustavi grijanja su značajan izvor zagađenja. Pored toga, učinkovitost manjih kotlova niža je od učinkovitosti kotlova većih učinaka, a treba voditi računa i o tome da je mogućnost kontrole rada postrojenja bolja kod velikih kotlovnica sa zaposlenim osobljem odgovarajuće struke.

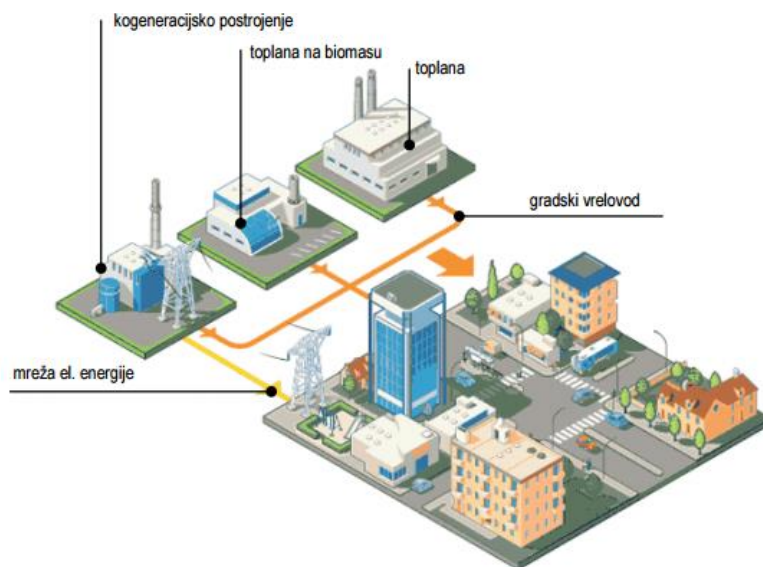
Toplinska se energija osim u kotlovnicama može proizvesti i u termoelektranama - toplanama. Proces kogeneracije koji se odvija u termoelektrani - toplani je energetske učinkovitiji proces od izgaranja u kotlovnici. Pored električne energije dobiva se i para koja se koristi za grijanje. Izvan razdoblja grijanja para se koristi za pripremu potrošne tople vode. Ljeti se para također može koristiti za potrebe hlađenja. Prednosti daljinskih grijanja u odnosu na lokalna grijanja su veći stupanj korisnosti, mogućnost korištenja jeftinijeg goriva, manje zagađenje (lokacija, kontrola izgaranja, pročišćavanje dimnih plinova), manja opasnost od požara, veća sigurnost u radu, stručno održavanje. Kao toplinski izvori koriste se plin, ugljen, mazut, nuklearna energija, ali i geotermalna energija, bioplin, sunčeva energija, a moguće je i korištenje dizalica topline [2].

Sustavi daljinskog grijanja mogu se podijeliti u dvije glavne skupine: prema energetske stanju prijenosnika i prema vrsti izvora topline u kojem se proizvodi energija. Prema energetske stanju prijenosnika sustavi mogu biti: toplovodi kod kojih je temperatura vode manja od 120 °C, vrelovodni kod kojih je temperatura vode veća od 120 °C i parovodni [8].

Prema vrsti izvora topline mogu biti: sa zajedničkom proizvodnjom toplinske i električne energije obično u termoelektranama-toplanama u kojima se u kogeneracijskom procesu proizvode različite vrste energije, s blokovskim kotlovnicaama za proizvodnju samo toplinske energije koje su smještene u većim ili manjim gradovima te proizvode toplinsku energiju za manji broj kuća koje su tu smještene (npr. bolnice, škole, postrojenje i sl.), sustavi industrijskog grijanja kod toga sustava se otpadna toplina koja je nastala korištenjem toplinske energije u procesima proizvodnje distribuira i koristi za grijanje objekata koji se nalaze blizu tvornice [1].

Neke od prednosti daljinskog grijanja su: proizvodi se toplinska energija na jednom mjestu te to omogućava kvalitetnije održavanje, lakša kontrola onečišćenja zraka, mogućnost korištenja više raznih vrsta goriva, lakša doprema goriva samo na jedno mjesto, ne javljaju se problemi skladištenja, potreba za manjim, jednostavnijim i sigurnijim postrojenjima objekata potrošača [8].

U osnovne skupine sustava daljinskog grijanja ubrajaju se: postrojenja za proizvodnju toplinske energije, razvodna mreža (toplovodi, vrelovodi i parovodi), toplinske stanice i kućne instalacije grijanja [2].



Slika 1. Sustav daljinskog grijanja i proizvodnje električne energije
izvor: Šivak M., (1998.), “ Centralno grijanje, klimatizacija, ventilacija “

2. POSTROJENJA DALJINSKOG GRIJANJA

Postrojenja daljinskog grijanja sastoje se od središnje kotlovnice (toplane) opremljene kotlovima i svim uređajima koji su potrebni za proizvodnju topline i distribuciju do potrošača, vanjske razvodne cijevne mreže (toplovod, vrelovod, parovod) koja kotlovnicu povezuje s toplinskim postajama potrošača (primarna mreža ili primarni krug) i kućne toplinske stanice u objektima potrošača, na koju se nastavlja instalacija [1].

S obzirom na vrstu nosioca toplinske energije, postrojenja daljinskog grijanja mogu biti izvedena:

a) U primarnom krugu (kotlovnica, cijevna razvodna mreža)

U taj primarni krug ubrajaju se toplovodni otvoreni ili zatvoreni sustavi s temperaturom vode 90-120°C (kod nas do 110°C), vrelovodni sustavi s temperaturom polazne vode iznad 120°C (kod nas do 110°C) pa obično do 160°C i parni sustavi, kod manjih postrojenja s nadtlakom pare 2-3 bar, a kod većih postrojenja do 12 bar i više.

b) U sekundarnom krugu (instalacija potrošača)

U taj sekundarni krug ubrajaju se toplovodni otvoreni ili zatvoreni sustavi s temperaturom polazne vode do 90°C, a za pojedine svrhe i do 120°C (kod nas do 110°C), parni niskotlačni sustavi s nadtlakom pare do 0,5...1 bar (kod nas do 0.5 bar) i parni visokotlačni sustavi s nadtlakom pare iznad 1 bar (za industrijske potrošače).

2.1 Kotlovnice

Kod postrojenja toplinskog učinka do 5 MW s pogonskom temperaturom vode do 110°C mogu biti smještene u podrumskim ili prizemnim prostorijama jednog od skupine grijanih objekata. Kod fizikalno osiguranih sustava to je najviši objekt, tako da se ekspanzijske posude za cjelokupno postrojenje mogu smjestiti na krov objekta.

Kotlovnice toplinskog učinka iznad 5 MW kao i vrelovodne s pogonskom temperaturom vode iznad 110°C grade se kao zasebni građevinski objekti u blizini skupine objekata koji se koriste toplinskom energijom, izvan naselja ili grada, često u sustavu termoelektrana.

Parne kotlovnice s najvišim dopuštenim radnim nadtlakom pare do 0.5 bar mogu biti smještene u objektu potrošača, a s višim nadtlakom u zasebnom građevinskom objektu [1]. Sustav za održavanje tlaka i ekspanziju vode kod toplovodnih i vrelovodnih postrojenja izrađuje se prema načinu priključka kućnih instalacija na vanjsku cijevnu mrežu. Kod neposrednog priključka izveden je u kotlovnici za cjelokupno postrojenje, a kod posrednog izveden je samo za kotlovnicu i daljinski cijevni razvod, a kućni sustav može biti otvoren ili može imati vlastite uređaja za održavanje tlaka [1].

2.2 Daljinski cijevni sustav

Kotlovnica je cjevovodima spojena s toplinskim postajama pojedinih objekata. U većim naseljima i gradovima cjevovodi su obično položeni u tzv. profilnim kanalima pod zemljom, u manjim naseljima na površinama bez prometa vozila mogu biti položeni u pokrivenim poluprohodnim ili prohodnim kanalima, a izvan naselja i u industrijskim postrojenjima mogu biti i nadzemni. Kod toplovodnih postrojenja razvodni sustav može biti jednocijevni, dvocijevni i trocijevni, a kod vrelovoda dvocijevni, trocijevni i četverocijevni [1].

2.2.1 Jednocijevni sustavi

Ti sustavi upotrebljavaju se za manja toplovodna postrojenja s radijatorskim grijanjem i bez uređaja za pripremu potrošne tople vode, a temperatura polazne vode je 90-95°C.

2.2.2 Dvocijevni sustavi

Ti sustavi sastoje se od dva voda: polaznog i povratnog. To su najčešće upotrebljavani sustavi prikladni za toplovodna i vrelovodna postrojenja. Kod toplovodnih postrojenja temperatura polazne vode je do 120°C C (kod nas do 110°C), s razlikom temperature između polaznog i povratnog voda 20...60 K, a kod vrelovodnih iznad 120 do 160°C s temperaturnim padom i do 100 K.

2.2.3 Trocijevni sustavi

Ti sustavi sastoje se od tri cjevovoda: dva polazna s različitim temperaturama, npr. jedan za potrebe radijatorskog grijanja s promjenjivom temperaturom polazne vode ovisno o vanjskoj temperaturi, a drugi s nižom stalnom temperaturom za grijanje potrošne tople vode tijekom cijele godine. Treći je vod zajednički povratni vod.

2.2.4 Četverocijevni sustavi

Ti se sustavi sastoje od četiri voda: dva polazna i dva povratna s različitim temperaturama vode. Takvi se sustavi koriste za industrijske potrošače.

2.3 Daljinski cijevni sustavi parovoda

Ti sustavi slični su toplovodu i vrelovodu, ali je razlika u tome da se mora na cijelom putu do potrošača omogućiti stalno odvođenje kondenzata. Često se kod dugačkih mreža zbog sniženja stupnja kondenzacije pare malo i pregrijava, o čemu treba voditi računa pri njejoj uporabi.

Kondenzat pare treba po mogućnosti vraćati u kotlovnici radi daljnjeg korištenja kao napojne vode. Gdje to nije moguće, odvodi se u kanalizaciju. U svakom slučaju potrebno ga je prije toga ohladiti na temperaturu ispod 40°C [1].

2.4 Toplinske stanice

Kod toplovodnih i vrelovodnih sustava služe za priključak kućnih instalacija na cijevnu mrežu. Ovisno o vrsti medija, opremljenisu različitim pogonskim i sigurnosnim uređajima. Smještaju se u posebnu prostoriju u objektu potrošača. Moraju imati vrata, prirodnu ventilaciju, osvjjetljenje i kanalizacijski odvod [1].

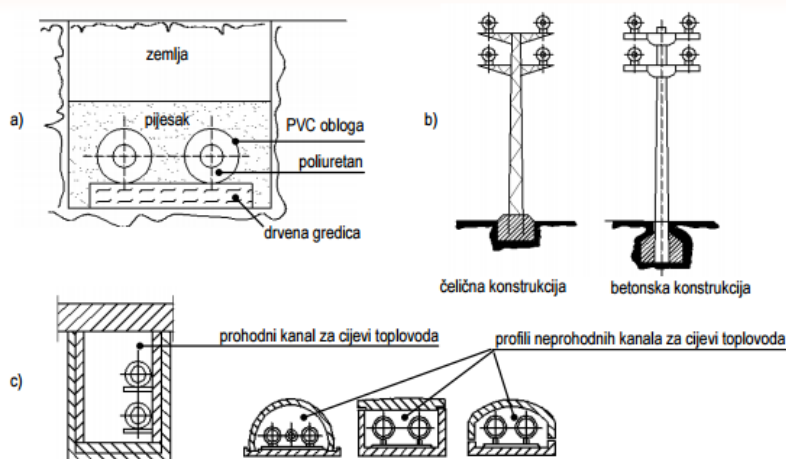
3. RAZVODNA MREŽA

Razvodnu mrežu čine toplovodi, vrelovodi i parovodi te služi za prijenos toplinske energije od objekta u kojem je izvor topline (toplana) do objekta potrošača.

Sastoji se od dvije cijevi: polazne i povratne, one osiguravaju cirkulaciju vrele vode kao distributera energije od objekta izvora do objekta potrošača. Najčešće se koriste čelične cijevi bez obzira na vrstu materijala. Te cijevi moraju biti toplinski izolirane kako bi se toplinskigubici u prijenosu sveli na minimum. Postoje tri vrste razvodnih mreža: s nadzemnim položenim izoliranim cijevima, s podzemno položenim izoliranim cijevima i s podzemno položenim predizoliranim cijevima [2].

Nosilac topline može biti voda (sustavi do 110°C i sustavi iznad 110°C), te para. Mogu se grijati blokovi zgrada (manji sustavi, temperatura obično do 110°C), te gradske četvrti (sustavi od 20 do oko 4000 MW, temperatura obično do 140°C). Za prijenos energetskog medija od toplane do toplinske podstanice koriste se cijevi s toplinskom izolacijom. Toplovod se postavlja nadzemno, podzemno u kanalima ili podzemno s predizoliranim cijevima ukopanim u zemlju (slika 2.). O načinu postavljanja cjevovoda ovise i toplinski gubici, ali oni nisu jedini kriterij na koji se obraća pažnja kod gradnje cjevovoda.

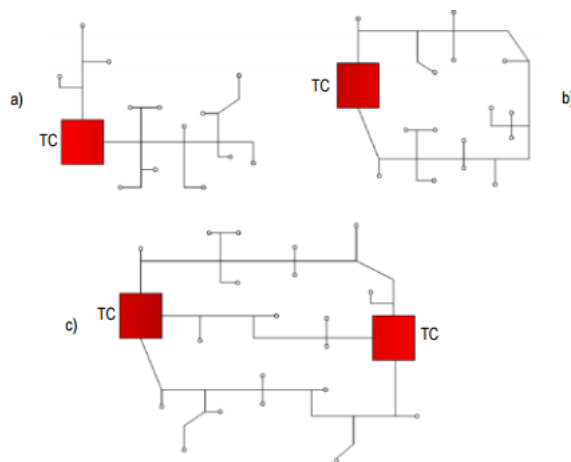
Najčešće polaganje cjevovoda je u prohodne kanale zajedno s ostalom infrastrukturom (plin, telefon, struja). Takvi su kanali pristupačni radi održavanja i eventualnog proširenja sustava (ne treba ponovo kopati) [2].



Slika 2. Načini vođenja cjevovoda kod daljinskih grijanja - a) polaganje direktno u zemlju, b) stupovi za slobodno vođenje cijevi, c) kanali za vođenje cjevovoda

izvor: Šivak M., (1998.), “ Centralno grijanje, klimatizacija, ventilacija “

Pogonska sigurnost sustava dodatno se povećava primjenom kompleksnih razgranatih distribucijskih mreža kod kojih toplina do potrošača može doći iz različitih toplana uključenih u mrežu (slika 3.)



Slika 3. Vrste toplovodnih mreža - a) jednostavna radijalna mreža, b) kružna mreža, c) razgranata kružna mreža gradskog područja

izvor: Šivak M., (1998.), “ Centralno grijanje, klimatizacija, ventilacija “

4. TOPLINSKA STANICA

Toplinska stanica je funkcionalno zaokružena cjelina daljinskog centralnog grijanja namijenjenog za stanove, obiteljske kuće i poslovne prostore te kao takva služi za opskrbu potrošača toplinskom energijom za grijanje stanova ili drugih prostornih cjelina i istovremenu pripremu potrošne tople vode [2].

Na mrežu vrelovoda priključen je primarni krug stanice, a sekundar na toplovodnu mrežu potrošača.

4.1.Sastavni dijelovi toplinske stanice

Toplinska stanica mora sadržavati sljedeću opremu:

1. Zaporna armatura primara ("Prvi ventili")

Prvi i posljednji element toplinske stanice (TS) na primaru moraju biti zaporni elementi. Zaporni element mora biti kuglasta slavina ili prirubnički ventil.

2. Zaporna armatura sekundara

Prvi i posljednji element TS na sekundaru moraju biti zaporni elementi. Zaporni element mora se nalaziti prije crpke na centralnom grijanju i neposredno prije ekspanzije ako je membranska posuda. Oni moraju biti kuglasta slavina ili iznimno prirubnički ventil. U krugu potrošne tople vode preporuča se ugradnja prirubničkih ventila.

3.H-komad

Cijevi H-komada postavljaju se neposredno prije i neposredno poslije hvatača te neposredno prije i neposredno poslije regulatora diferencijalnog tlaka, što znači da nije dozvoljeno da se cijev postavlja primjerice prije kalorimetra.

Nije dozvoljeno koristiti rješenje koje umjesto H-komada predviđa mjerenje tlaka s više manometara, osim na predajnoj TS direktnog tipa.

4. Regulator diferencijalnog tlaka

Ugrađuje se u povrat primara, a između njega i uboda pozitivnog impulsnog voda moraju biti svi regulacijski ventili na primaru. Pozitivni impulsni vod se postavlja poslije hvatača nečistoće i to bočno u cijev.

Prilikom odabira treba paziti da pad tlaka na dijelu primara prije regulatora diferencijalnog tlaka pada u područje regulacije. Brzina strujanja na ulazu/izlazu regulatora diferencijalnog tlaka može biti najviše do 2.5 m/s.

5. Kalorimetar

Protokomjer kalorimetra se ugrađuje u ukupni povrat primara. Ticalo temperature polaza se ugrađuje se u polaz, a ticalo temperature povrata u ukupni povrat.

6. Regulacijski ventil

Ugrađuje se u povrat primara, a iznimno u polaz. SIGURNOSNI ZAHTJEV: Regulacijski ventil se mora u slučaju nestanka struje ili primanja alarmnog signala iz upravljača potpuno zatvoriti.

7. Termometri

SIGURNOSNI ZAHTJEV: Na polaz i povrat primara i sekundara treba ugraditi termometre. Termometri su u pravilu alkoholni i to 0-160°C na polazu i 0-120°C na povratu.

8. Manometri

SIGURNOSNI ZAHTJEV: Na sekundar se stavlja manometar i to između izmjenjivača topline i ekspanzije. Poželjno je izabrati manometar sa što je moguće rasponom skale, ali ipak da maksimalni tlak manometra bude bar 30% viši od maksimalnog radnog tlaka.

9. Izmjenjivač topline

Prilikom odabira izmjenjivača topline potrebno je paziti na padove tlaka na primaru i sekundaru. Razlika temperature između povrata primara i povrata sekundara ne smije biti veća od 10°C. Sigurnost površine mora biti barem 25%. Brzina strujanja na priključcima sekundara može biti najviše 2.0 m/s.

10. Odzraka

Na primaru i na sekundaru potrebno je predvidjeti odzraku na najvišem dijelu cjevovoda. Ukoliko se cjevovod diže, spušta i ponovo diže, odzraku treba predvidjeti na svakom uzdignutom dijelu. Na sekundaru odzraka mora biti riješena s odzračnim posudama. Cijev koja povezuje cijev koja se odzračuje i odzračnu posudu ne smije imati pad i mora se ubadati u posudu odozdo.

11. Hvatač nečistoća

Ugrađuje se u polaz primara i povrat sekundara. Uložak mora biti od nehrđajućeg materijala.

12. Ticala temperature vode

Ugrađuje se u polaz sekundara i povrat primara. U povrat primara se ugrađuje radi sprečavanja premalih temperaturnih razlika na primaru.

13. Ticalo vanjske temperature

Ticalo vanjske temperature nije potrebno ako je regulacija predviđena s konstantnom temperaturom. Ugrađuje se na vanjsku fasadu na sjevernu stranu zgrade, a ako to nije moguće na istok ili zapad tako da cijeloga dana bude u sjeni. Smještaj mora biti takav da su onemogućeni utjecaji izvora topline (npr. ispuh toplog zraka ili plinova). Ticalo i kabel koji ga povezuje s upravljačem moraju biti dostupni za održavanje po cijeloj dužini.

14. Dopuna

Cijev dopune se ubada bočno u cijev povrata sekundara i bočno u cijev povrata primara prije regulacijskog ventila. Ukoliko je dopuna ubodena poslije sita (pločasti izmjenjivači) instalaciju treba puniti preko H ventila a preko sita u polazu iz povratnog voda primara.

15. Centralna regulacijska jedinica

Centralna regulacijska jedinica ili upravljač mora biti u zaštićenom ormariću. Kablovi moraju biti položeni tako da ne otežavaju održavanje ostale opreme i moraju biti udaljeni od ostale opreme zbog mogućih toplinskih i mehaničkih oštećenja.

16. Sigurnosni ventil

Ugrađuje se na cijev koja vodi do ekspanzije ili iznimno direktno na cijev sekundara. SIGURNOSNI ZAHTJEV: Između sigurnosnog ventila i izvora topline ne smije biti elemenata koji mogu spriječiti protok (zaporna armatura ili sl.). Izlaz iz sigurnosnog ventila mora biti usmjeren tako da ne može poprskati ljude ili opremu.

17. Ekspanzija

Potrebno je predvidjeti membransku ekspanzijsku posudu ili ekspanzijski uređaj prema slijedećoj tablici:

Tablica 1. Snaga kod koje je dozvoljeno koristiti membransku posudu

Broj kupaca toplinske energije priključenih na toplinsku stanicu	Maksimalna snaga kod koje je još dozvoljeno koristiti membransku posudu (kW)
1	300
2-5	200
6 i više	100

izvor: Šivak M., (1998.), “Centralno grijanje, klimatizacija, ventilacija“

Prilikom odabira ekspanzijskog uređaja treba paziti da visina dobave pumpe za dizanje tlaka bude dovoljna kod visokih zgrada i da područje djelovanja prestrujnog ventila bude odgovarajuće.

18. Crpka

Crpka nije nužna ukoliko se već nalazi u korisničkom pogonu. Ukoliko je protok na sekundaru varijabilan (klima komore s regulacijom i dr.) crpka mora biti frekventna. Ne dozvoljavaju se dvostruke crpke, a rezervne se ne preporučuju.

4.2. Opći zahtjevi za toplinsku stanicu

1. Zahtjev za raspored prostora i smještaj opreme

a) Prostorija toplinske stanice treba biti smještena u prizemlju objekta, odnosno na razini okolnih prostora ili ispod razine okolnih prostora uz uvjet da ne bude u zoni prepumpavanja otpadnih voda i da se osigura normalan ulaz ljudi i pristup servisnog vozila.

U iznimnim slučajevima toplinska stanica može biti u zoni prepumpavanja (etaža -1). U tom slučaju uređaj za prepumpavanje održava upravitelj zgrade jer su priključene otpadne vode za cijelu zgradu.

b) Oprema toplinske stanice može biti smještena u jednoj ili više prostorija povezanih na prikladan način u jednu cjelinu.

c) Smještaj opreme mora biti takav da se može servisirati i izmijeniti svaki uređaj i njegov dio bez razmještanja i rastavljanja ostale opreme i uređaja.

d) Dimenzija prostorije toplinske stanice ovisi o količini i veličini opreme koja se smješta u nju te pripadnom manipulativnom prostoru za rukovanje svakim uređajem. Tabela u prilogu sadržava minimalne površine prostora nužne za smještaj pojedinih uređaja.

2. Građevinski zahtjevi za uređenje prostora

- a) Odvodnja otpadnih voda iz prostora toplinske stanice mora biti izvedena blagim padom poda prema podnom sifonu i gravitacijskim padom odvedena u kanalizaciju.
- b) Pod toplinske stanice mora biti pravilno izoliran od propuštanja otpadnih voda (hidroizolacija poda toplinske stanice), a u skladu s tehničkim uvjetima za projektiranje i građenje zgrada prema HRN-u. J6.201
- c) Odvodnja otpadnih voda (iz sigurnosnog ventila, odzračnih lonaca, odzračne mreže kućne instalacije ...) mora biti izvedena sa odvodnim cijevima preko sabirnih lijevaka direktno u kanalizacijske otvore, čime se mora spriječiti polijevanje vode na uređaje i instalacije u toplinskoj stanici. Isto vrijedi i za ispuste za pražnjenje primarnog i sekundarnog kruga.
- d) Toplinska stanica mora imati glavni ulaz izvana. Ulaz mora biti dovoljno velik kako bi omogućio unošenje i iznošenje opreme. Vrata glavnog ulaza se moraju otvarati prema van i moraju biti minimalnih dimenzija 1,2x2 m.
- e) Toplinska stanica mora imati i nužni izlaz u slučaju opasnosti, osim toplinskih stanica opremljenim s uređajima KOMPAKT – 30 i KOMPAKT – 50 bez spremnika za potrošnu toplu vodu. Vrata za nužni izlaz moraju se otvarati prema van i moraju biti opremljena kvakom iznutra, kuglom izvana i napravom za zaključavanje vrata iznutra (rigla) . U pravilu, vrata za nužni izlaz postavljena su nasuprot vratima glavnog ulaza kako bi se omogućila evakuacija radnika u slučaju nužde i smiju se otvarati u prostore bez namjene (stubište i sl.). Minimalne dimenzije vrata trebaju biti 0,8x2 m.
- f) Svaka toplinska stanica mora imati umivaonik sa slavinom za pranje ruku, osim toplinskih stanica opremljenim s uređajima KOMPAKT – 30.
- g) U prostoru toplinske stanice potrebno je osigurati prirodnu ventilaciju zraka, da bi se osigurali normalni mikroklimatski uvjeti rada. Ventilacijski otvori moraju biti zatvoreni odgovarajućom žičanom mrežom kako bi se spriječio ulaz različitih uljeza (mačke, ptice i slično).

3. Zahtjevi za zaštitu od buke

- a) Zvučnu izolaciju prostora toplinske stanice od ostatka zgrade treba izvesti prema:
- HRN U.J6.201 – Akustika u zgradarstvu - tehnički uvjet za projektiranje i građenje zgrada
 - SL 37/90 – Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave.
- b) Zvučnu izolaciju poda toplinske stanice izvesti izradom plivajućeg poda (betonska deka na podlozi od tvrdog okipora)
- c) Sve spojeve instalacija toplinske stanice i kućne instalacije (instalacije grijanja, cirkulacije i recirkulacije PTV) treba zvučno izolirati s kompenzatorima vibracija.
- d) Uređaje, armature i cijevnu mrežu u toplinskoj stanici treba osloniti elastičnim vezama u pod toplinske stanice (gumena podloga) ili ovjesiti visećim fleksibilnim vezama u strop (gumene trake u metalnim obujmicama). Cijevna mreža, armatura i uređaji ne smiju se nikako pričvršćivati u noseće ili pregradne zidove, strop ili pod krutim vezama.
- e) Prostorije koje su smještene do i iznad toplinske stanice ne bi trebale biti prostori u kojima se boravi (spavaće sobe, dnevni boravci, blagavaonice i sl.).

4. Zahtjev za izvođenje strojarskih instalacija toplinske stanice

- a) Smještaj, raspored opreme i sve armature (ventili, termoregulatori) i kontrolnih uređaja (termometri, manometri) mora biti takav da su lako dostupni, uočljivi i čitljivi te da je omogućena njihova zamjena i da se do istih može normalno prići.
- b) Dovod hladne vode mora se sastojati iz zapornog, nepovratnog i sigurnosnog ventila, te manometra 0-16 bara koji ispred mora imati kuglastu slavinu radi mogućnosti izmjene.
- c) Sve cijevne instalacije (primarni vrelovod, primarna instalacija, sekundarna instalacija, kućna instalacija, PTV, hladna voda) potrebno je izolirati slojem izolacijskog materijala u oblozi od Al-lima.

- d) Svi manometri moraju biti u mjernom području 0-16 bara, a termometri 0-130 °C. Sigurnosni ventili na hladnoj vodi trebaju biti opružni – baždareni na tlak 9 bara.
- e) Kola zaporne armature treba postaviti na visinu 0,5 – 1,5 m od poda. U protivnom treba postaviti odgovarajuće podeste s kojih će se osigurati tražena visina.
- f) Mjerni i regulacijski elementi trebaju biti postavljeni na vidljivim i dostupnim mjestima.
- g) Zaporna armatura kojom se zatvara dotok vrelog medija mora se postaviti na pogodnom i pristupačnom mjestu u neposrednoj blizini ulaza u toplinsku stanicu.

5. Zahtjevi za prostor

- a) U toplinskoj stanici mora se osigurati slobodni prostor za kretanje i rad zaposlenih radnika.
- b) Slobodni prostor za kretanje ne smije imati nikakvih prepreka od poda do visina od 2,1 m. Slobodni prolazi između pojedinih dijelova opreme moraju biti najmanje širine od 0,8 m.

6. Osvjetljenje toplinske stanice

- a) Toplinska stanica treba imati otvore za prirodno osvjetljenje. Pored prirodnog osvjetljenja u toplinskoj stanici treba biti izvedena i umjetna rasvjeta u skladu s propisima HRN U. C 9.100.
- b) Prekidač električne rasvjete mora biti postavljen do ulaznih vrata.

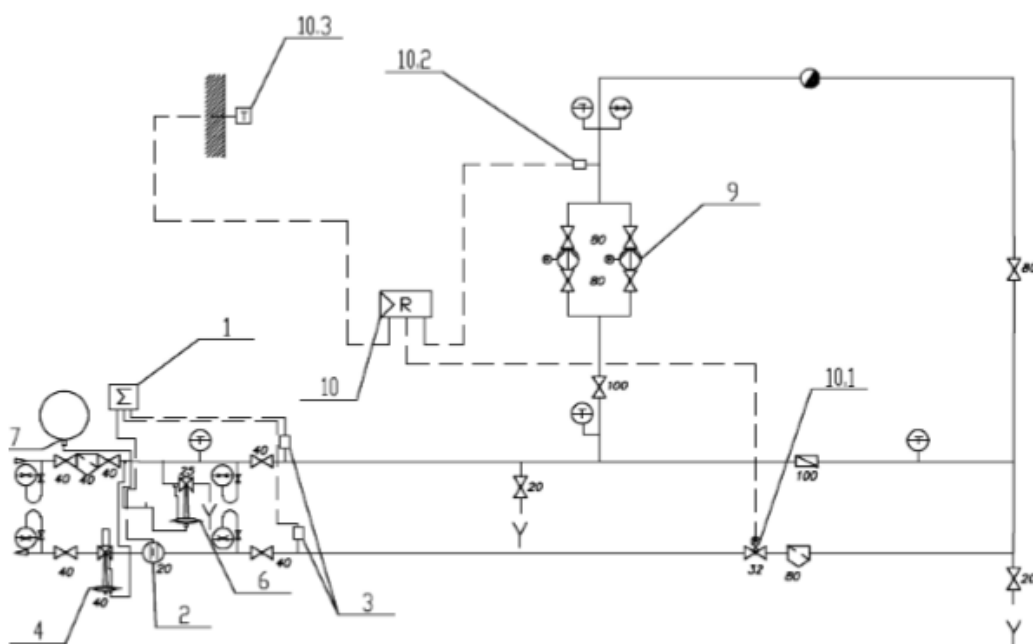
4.3.Podjela toplinskih stanica

Toplinske stanice mogu biti sljedećih vrsta:

- 1. Toplinska stanica direktnog tipa**
- 2. Toplinska stanica indirektonog tipa**

1. Toplinska stanica direktnog tipa

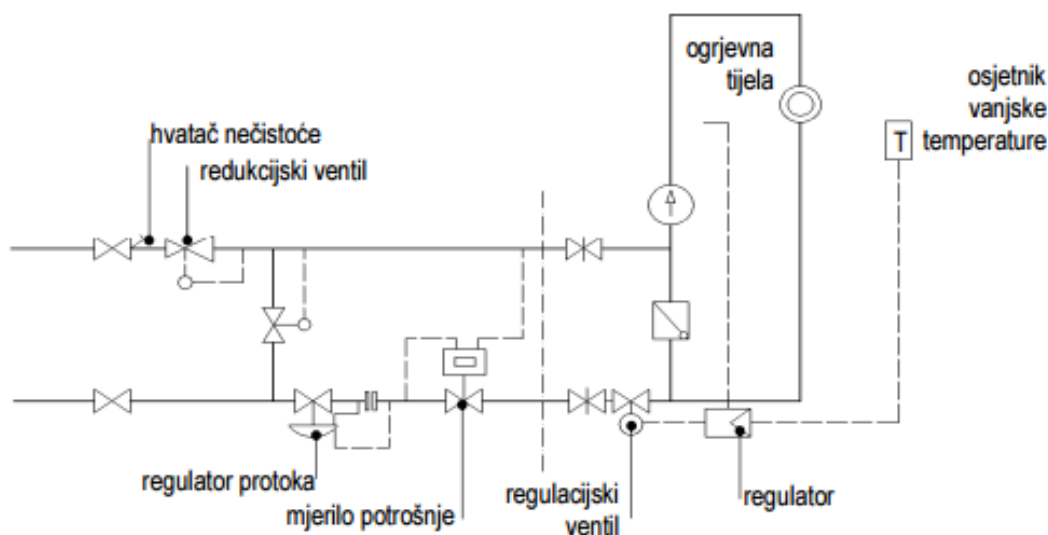
Toplinske stanice direktnog tipa su izvedene na način da vrela voda koja se kroz prijenosnu mrežu do njih prenosi, uz regulaciju, neposredno ulazi u sustav grijanja prostora. Te stanice se koriste u manjim ili starijim sustavima daljinskog grijanja [2].



Slika 4. Načelna shema direktne vrelovodne stanice

izvor: Labudović B., Paić Z., Vuk R., (2005.), “Priručnik za grijanje”

Kod direktnih je podstanica (slika 5.) u kućnoj instalaciji ista voda kao i u toplovodu. Polazna temperatura u kućnoj instalaciji regulira se miješanjem povratne vode iz kućne instalacije i polazne vode iz toplovoda. Direktni priključak može se smatrati ekonomičnijim rješenjem od indirektnog (manja investicija, bolja regulacija temperature u povratnom vodu, bolja kvaliteta vode) [2].

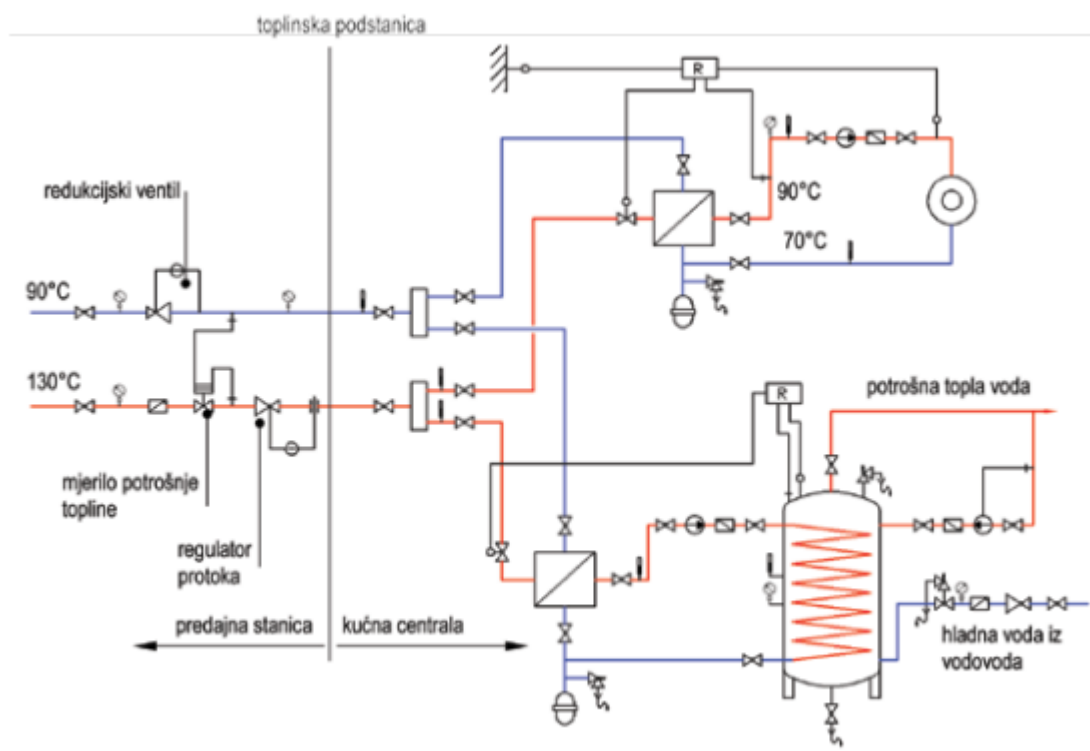


Slika 5. Povezivanje vrelovoda s kućnom podstanicom – direktni sustav

izvor: Labudović B., Paić Z., Vuk R., (2005.), “Priručnik za grijanje”

2. Toplinske stanice indirektnog tipa

Toplinske stanice indirektnog tipa su izvedene na način da vrela voda koja se kroz prijenosnu mrežu do njih prenosi, izmjenjuje toplinu s vodom sustava grijanja prostora preko izmjenjivača topline (slika 6.). Te stanice se u sadašnjosti jako koriste i grade. Razlog svemu tome je odvojenost sustava grijanja prostora i prijenosne mreže, smanjenje cijena i izmjenjivača topline, kavalitetniji rad sustava daljinskog grijanja. Prednost indirektnih sustava je manja mogućnost propuštanja (razdvajanje kućne instalacije od toplovoda) [2].



Slika 6. Povezivanje vrelovoda s kućnom podstanicom – indirektni sustav

izvor: Labudović B., Paić Z., Vuk R., (2005.), “Priručnik za grijanje”

5. BALANSIRANJE MREŽE

Balansiranje protoka u mreži daljinskog grijanja, kao i balansiranje protoka u mreži kućne instalacije, od velikog je značaja za učinkovitost rada sustava. U slučaju da protoci medija za prijenos topline (najčešće voda) nisu usklađeni s projektnim vrijednostima, što se u praksi može očekivati u skoro 90% slučajeva, doći će do prevelikih protoka na dijelovima mreže ili potrošačima bliže kotlovnici (ili toplinskoj podstanici), dok će na udaljenijim ograncima taj protok biti premalen [1].

U kućnim instalacijama takve pojave imaju za posljedicu pregrijavanje prostorija bližim kotlovnici ili toplinskoj podstanici i nedovoljnu temperaturu prostora s radijatorima priključenim na krajnjim ograncima, a u sustavima daljinskog grijanja nedovoljan učinak cjelokupnih podstanica na krajnjim ograncima.

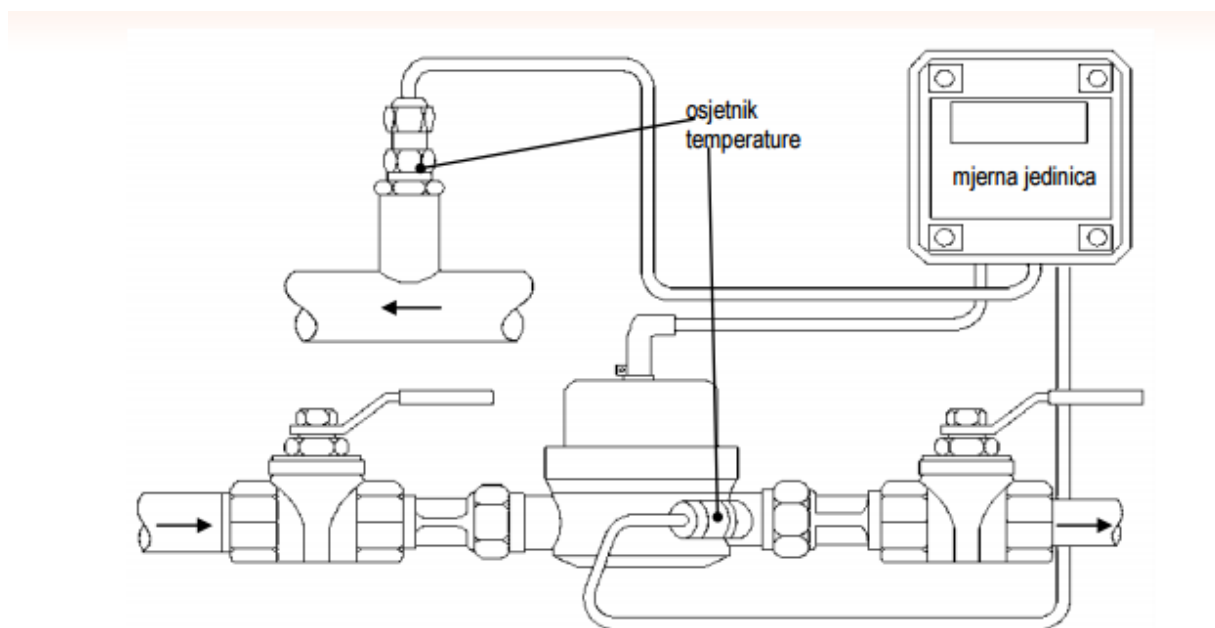
Problem se često pokušava riješiti povećanjem kapaciteta pumpi, što je nepravilno, jer time se samo povećava priključna snaga i utrošena energija (snaga potrebna za rad pumpe, a time i utrošena energija raste s trećom potencijom promjene protoka.

Za 20% povećan ukupni protok u cjevovodu potrebna snaga je 1,73 puta veća. Pravilan pristup je balansiranje mreže, pri čemu treba voditi računa o optimalnoj primjeni ventila za balansiranje, jer u protivnom rastu napor i potrebna snaga pumpe te potrošnja energije [1].

6. MJERENJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE

Danas je uobičajeno mjerenje toplinske energije na ulazu objekta pomoću mjerila toplinske energije (kalorimetra). Izmjerena toplinska energija raspoređuje se na korisnike pomoću udjela grijane površine stambene jedinice u grijanoj površini cijelog objekta. Danas postoji niz načina da se potrošena energija izmjeri prema potrošnji [1].

Kod daljinskih grijanja mjeri se direktno ukupna potrošnja energije toplinske podstanice. Za mjerenje protoka koriste se krilni uređaji, uređaji s prigušivanjem (blende) ili ultrazvučni mjerači. Razlika temperature između polaznog i povratnog voda mjeri se termoparovima. Na mjernom uređaju očitava se ukupni utrošak toplinske energije čitavog kruga grijanja [2].



Slika 7. Mjerenje potrošnje na vrelovodu

izvor: Labudović B., Paić Z., Vuk R., (2005.), “ Priručnik za grijanje “

Mjerenje pomoću razdjelnika koristi posebne uređaje koji se postavljaju na svako ogrjevno tijelo u prostoru i koji njihovo odvajanje topline u okolinu bilježe u brojčanoj vrijednosti. Pri obračunu se potrošnja zabilježi na svim ogrjevnim tijelima, zbraja i dobiva se udio svakoga od njih ukupno utrošenoj toplinskoj energiji prostora. Takav način mjerenja je iznimno pogodan

za sustave zajedničkog grijanja jer ne zahtijeva zahvate na instalacijama. Postoje tri vrste razdjelnika s obzirom na evidenciju potrošnje: isparnički razdjelici, elektronički bez radijske komunikacije i elektronički s radijskom komunikacijom [1].

Razdjelnik s isparavanjem (slika 8.) je razdjelnik sa specijalnom tekućinom s niskom točkom isparivanja i skalom za očitavanje razine tekućine. Količina tekućine koja ispari tijekom razdoblja grijanja, predstavlja relativnu količinu topline koju je odavalo ogrjevno tijelo. Prednost je u niskoj cijeni ugradnje, a nedostatak je što se mogu očitati jedino vizualno [2].



Slika 8. Izgled razdjelnika s isparavanjem

izvor: Labudović B., Paić Z., Vuk R., (2005.), “*Priručnik za grijanje*“

Elektronički razdjelnici toplinske energije opremljeni su osjetnicima PT 100. Mjerne vrijednosti se digitalno obrađuju u mikroprocesorima i za razliku od mjernih uređaja za isparivanje elektronika, omogućuje prilagođavanje karakteristikama ogrjevnog tijela, očitavanje vrijednosti u traženom trenutku na licu mjesta ili daljinski radijskom, odnosno

modemskom komunikacijom. Ugrađuju se u nove zgrade koje se spajaju na sustav daljinskog grijanja. Troškovi ulaganja su relativno visoki [2].

Elektronički razdjelnici bez radijske komunikacije su elementi na baterije i imaju mogućnost predprogramiranja svih karakteristika ogrjevnog tijela na koja se ugrađuju. Prednost im je jednostavnost, kvaliteta, cijena, a nedostatak je vizualno očitavanje. Elektronički razdjelnici s radijskom komunikacijom rade na isti način kao i bez radijske komunikacije, ali uz to imaju i mogućnost očitavanja stanja bez da je potreban ulazak u stan. Prednost im je jednostavnost rada, niski troškovi eksploatacije.

Mjerenje utrošene toplinske energije po stanu pomoću mjerila toplinske energije koristi se pri izgradnji novih objekata koji se spajaju na sustav daljinskog grijanja. Tada svaki stan od samog početka može imati svoj vlastiti priključak pa se potrošnja mjeri za svaki stan zasebno. Zbog specifičnog načina izvođenja instalacija, njihova ugradnja nije moguća u postojeće objekte sa zajedničkim instalacijama [2].

7. PRIMJER PRORAČUNA GRIJANJA

7.1. Proračun toplinskih gubitaka (grijanje)

Prema europskoj normi EN 12831 izvodi se pojednostavljenim postupkom termodinamički proračun gubitaka topline, pojedinačno ili za ukupan broj prostorija čitavog objekta. U obzir se uzimaju toplinski gubici kroz vanjske zidove prostorija prema okolini, susjednim prostorijama i tlu. Sve to spomenuto naziva se transmisijским gubiticima koji se označavaju s grčkim slovom : Φ_T . Gubici koji nastaju temeljem utjecaja strujanja zraka kroz ovojnicu objekta i među pojedinim njegovim prostorijama, nazivaju se ventilacijskim gubiticima [8].

Općeniti izraz za ukupni potrebiti toplinski učinak grijanja promatranog prostora označenog slovom Q_{GR} :

$$Q_{GR} = \Phi_T + \Phi_V, [W]$$

Proračun gubitaka grijanja dijeli se na transmisijske toplinske gubitke, ventilacijske toplinske gubitke te na ukupne gubitke topline. Takvu podjelu upotrijebila sam za izračun proračuna u nastavku.

7.1.1. Transmisijски toplinski gubici

Transmisijски toplinski gubici (Φ_T) izračunavaju se prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{int} - \theta_e), [W]$$

gdje je:

H_T - koeficijent transmisijских toplinskih gubitaka, [W/K]

θ_{int} - unutarnja projektна temperatura u prostoriji, [°C]

θ_e - vanjska projektна (okolna) temperatura, [°C]

Za određivanje projektnih temperatura prostorija i okolinu u obzir će se uzimati višegodišnji iskustveni podatci. U daljnjem proračunu uzimat će se vanjska projektna temperatura (zima) na području sjevernog Jadrana, a iznosi:

$$\theta_e = -8 [^{\circ}\text{C}]$$

Unutarnje projektne temperature zraka zimi u prostorijama prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Projektne temperature zimskog zraka za različite prostorije

namjena i vrsta prostorije	$\theta_{\text{int}} [^{\circ}\text{C}]$
muški i ženski WC	24
uredi, arhiva i soba za sastanke	20
kuhinja	20
hodnik	20

izvor: izvorno autorski

Sa H_T se označava koeficijent transmisijских gubitaka koji se dobiva po sljedećem izrazu.

$$H_T = \sum A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_k [W / K]$$

U tablici 3 prikazane su vrijednosti koeficijenta prolaska topline kroz pojedine dijelove objekta. Predočuje najveće dopuštene vrijednosti za grad Rijeku [9].

Tablica 3. Vrijednosti koeficijenta prolaska topline $U [W/m^2K]$ kroz građevne dijelove zgrade

građevni dijelovi zgrade	$\theta_i > 18^{\circ}\text{C},$ $\theta_e > 3^{\circ}\text{C} (*)$	$\theta_i > 18^{\circ}\text{C},$ $\theta_e < 3^{\circ}\text{C}$	$12^{\circ}\text{C} < \theta_i < 18^{\circ}\text{C},$ $\theta_e > 3^{\circ}\text{C}$	$12^{\circ}\text{C} < \theta_i < 18^{\circ}\text{C},$ $\theta_e < 3^{\circ}\text{C}$
Vanjski zid prema zraku	0,60	0,45	0,75	0,75
Prozor, balkonska vrata, prozirni dio	1,80	1,80	3,00	3,00
Ravni i kosi krov iznad grijanog prostora	0,40	0,30	0,50	0,40
Strop prema tavanu, iznad garaže	0,40	0,30	0,50	0,40
Zid i strop prema negrijanom, $T > 0^{\circ}\text{C}$	0,65	0,50	2,00	2,00
Zid prema tlu, pod na tlu, ukopani zid	0,50	0,50	0,80	0,65
Vanjska vrata s neprozirnim krilom	2,90	2,90	2,90	2,90
Stijenska kutije za rolete	0,80	0,80	0,80	0,80

(*) Vrijedi za lokaciju grada Rijeke i bližu okolicu (sjeverni Jadran)

izvor: Prebeg, D.: *Vježbe iz kolegija Toplinske mreže*, MEV, Čakovec, 2016.

Temperaturni korekcijski faktor gubitaka za razne okolne plohe dan je u tablici 4.

Tablica 4. Temperaturni korekcijski faktor toplinskih gubitaka (f_k) za razne okolne plohe

vrste toplinskih gubitaka		f_k
Prema okolici izravno	za izolirane toplinske mostove	1,00
	za neizolirane toplinske mostove	1,40
	za vrata i prozore	1,00
Prema negrijanim prostorima	za izolirane toplinske mostove	0,80
	za neizolirane toplinske mostove	1,12
Prema tlu	za izolirane toplinske mostove	0,30
	za neizolirane toplinske mostove	0,42
Preko krova	za izolirane toplinske mostove	0,90
	za neizolirane toplinske mostove	1,26
Za spuštenu strop	za izolirane toplinske mostove	0,90
	za neizolirane toplinske mostove	1,26
Prema susjednoj zgradi	za izolirane toplinske mostove	0,50
	za neizolirane toplinske mostove	0,70
Prema susjednoj prostoriji	za izolirane toplinske mostove	0,30
	za neizolirane toplinske mostove	0,42

izvor: Prebeg, D.: *Vježbe iz kolegija Toplinske mreže*, MEV, Čakovec, 2016.

U nastavku slijedi proračun transmisijских gubitaka. Za svaku prostoriju zasebno biti će izračunati toplinski gubici koji će biti prikazani u tablicama. Također, važno je uzeti u obzir opće uvjete: visina i površina prostorije, projektne temperature zraka zimi i razlika u temperaturama.

Proračun transmisijских gubitaka ureda

U tablici 5 prikazan je proračun transmisijских gubitaka ureda ukupne površine $A_{u-1} = 24 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ °C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ °C}$. Koeficijent prolaska topline $U \text{ [W/m}^2\text{K]}$ očitava se iz tablice 3.

Tablica 5. Proračun transmisivskih toplinskih gubitaka ureda 1Opći uvjeti: $A_u = 24\text{m}^2$; $H = 2,7\text{ m}$; $\theta_e = -8\text{ °C}$; $\theta_{\text{int}} = 20\text{ °C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28\text{ °C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	24,6	0,45	11,07
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	25,4	0,50	3,81
Prozor	1,00	2,40	1,80	4,32
Puna vrata	1,00	1,60	2,90	4,64
Krov	0,90	24	0,30	6,48
Pod	0,30	24	0,50	3,60
Ukupni koeficijent transmisivskih toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				33,92
Ukupni transmisivski toplinski gubici ureda 1 $\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$				949,76 [W]

izvor: izvorno autorski

U tablici 6 prikazan je proračun transmisivskih gubitaka ureda $A_{u-2,3,4} = 24\text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7\text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8\text{ °C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20\text{ °C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28\text{ °C}$. Koeficijent prolaska topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] očitava se tablice 3.

Tablica 6. Proračun transmisijских toplinskih gubitaka ureda 2, 3 i 4Opći uvjeti: $A_u = 24 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	8,40	0,45	3,78
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	41,60	0,50	6,24
Prozor	1,00	2,40	1,80	4,32
Puna vrata	1,00	1,60	2,90	4,64
Krov	0,90	24	0,30	6,48
Pod	0,30	24	0,50	3,60
Ukupni koeficijent transmisijских toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				29,06
Ukupni transmisijски toplinski gubici ureda 2, 3 i 4 $\Phi_{Tu} = 3 \cdot H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$				2441,04 [W]

NAPOMENA: Ukupni transmisijски toplinski gubici izračunati za urede 2, 3 i 4.

izvor: izvorno autorski

Proračun transmisijских gubitaka arhive

U tablici 7 prikazan je proračun transmisijских gubitaka arhive $A_A = 24 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Koeficijent prolaska topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] očitava se tablice 3.

Tablica 7. Proračun transmisijских toplinskih gubitaka arhiveOpći uvjeti: $A_A = 24 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	24,6	0,45	11,07
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	25,4	0,50	3,81
Prozor	1,00	2,40	1,80	4,32
Puna vrata	1,00	1,60	2,90	4,64
Krov	0,90	24	0,30	6,48
Pod	0,30	24	0,50	3,60
Ukupni koeficijent transmisijских toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				33,92
Ukupni transmisijски toplinski gubici arhive $\Phi_T = H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$				949,76 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun transmisijских gubitaka hodnika

U tablici 8 prikazan je proračun transmisijских gubitaka hodnika ukupne površine $A_H = 74,40 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Koeficijent prolaska topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] očitava se iz tablice 3.

Tablica 8. Proračun transmisijских toplinskih gubitaka hodnikaOpći uvjeti: $A_H = 74,40 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	$A \text{ (m}^2\text{)}$	$U \text{ (W/m}^2\text{K)}$	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	7,28	0,45	3,28
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	84,44	0,50	12,66
Puna vrata	1,00	19,52	2,90	56,61
Krov	0,90	74,4	0,30	20,09
Pod	0,30	74,4	0,50	11,16
Ukupni koeficijent transmisijских toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				103,80
Ukupni transmisijски toplinski gubitci hodnika $\Phi_{\text{Tu-H}} = H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$				2906,40[W]

izvor: izvorno autorski

Proračun transmisijских gubitaka sobe za sastanke

U tablici 9 prikazan je proračun transmisijских gubitaka sobe za sastanke ukupne površine $A_S = 49,20 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Koeficijent prolaska topline $U \text{ [W/m}^2\text{K]}$ očitava se iz tablice 3.

Tablica 9. Proračun transmisivskih toplinskih gubitaka sobe za sastankeOpći uvjeti: $A_s = 49,20 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	15,67	0,45	7,05
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	25,4	0,50	3,81
Prozor	1,00	4,8	1,80	8,64
Puna vrata	1,00	1,6	2,90	4,64
Krov	0,90	49,2	0,30	13,28
Pod	0,30	49,2	0,50	7,38
Ukupni koeficijent transmisivskih toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				44,08
Ukupni transmisivski toplinski gubici sobe za sastanke $\Phi_{T-s} = H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$				1234,24 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun transmisivskih gubitaka kuhinje

U tablici 10 prikazan je proračun transmisivskih gubitaka kuhinje ukupne površine $A_K = 36 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Koeficijent prolaska topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] očitava se tablice 3.

Tablica 10. Proračun transmisijских toplinskih gubitaka kuhinje

Opći uvjeti: $A_K = 36 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	11,4	0,45	5,13
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	30,8	0,50	4,62
Prozor	1,00	4,8	1,80	8,64
Puna vrata	1,00	1,6	2,90	4,64
Krov	0,90	36	0,30	9,72
Pod	0,30	36	0,50	5,40
Ukupni koeficijent transmisijских toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				38,15
Ukupni transmisijски toplinski gubitci kuhinje $\Phi_{T\text{-ku}} = H_T \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$				1068,20 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun transmisijских gubitaka ženskog WC-a

U tablici 11 prikazan je proračun transmisijских gubitaka ženskog WC-a ukupne površine $A_{\text{zWC}} = 18 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i njihove razlike $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Koeficijent prolaska topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] očitava se iz tablice 3.

Tablica 11. Proračun transmisijских toplinskih gubitaka ženskog WC-aOpći uvjeti: $A_{zWC} = 18 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{int} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{int} - \theta_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	5,7	0,45	2,57
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	38,9	0,50	5,84
Prozor	1,00	2,40	1,80	4,32
Puna vrata	1,00	1,60	2,90	4,64
Krov	0,90	18	0,30	4,86
Pod	0,30	18	0,50	2,7
Ukupni koeficijent transmisijских toplinskih gubitaka $\sum(A \cdot U \cdot f_k)$ $H_T =$				24,93
Ukupni transmisijски toplinski gubitci ženskog WC-a $H_T \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$ $\Phi_T =$				797,76 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun transmisijских gubitaka muškog WC-a

U tablici 12 prikazan je proračun transmisijских gubitaka muškog WC- ukupne površine $A_{u-1} = 18 \text{ m}^2$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su visina prostorije ($H = 2,7 \text{ m}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$, projektne temperature zimskog zraka u prostoriji koje se očitavaju iz tablice 2 te iznosi $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i njihove razlike $\theta_{int} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Koeficijent prolaska topline U [$\text{W/m}^2\text{K}$] očitava se iz tablice 3.

Tablica 12. Proračun transmisivskih toplinskih gubitaka muškog WC-aOpći uvjeti: $A_{mWC} = 18 \text{ m}^2$; $H = 2,7 \text{ m}$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{int} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{int} - \theta_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Građevinski dio	f_k	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	$A \cdot U \cdot f_k$
Zid (vanjski) prema zraku	1,00	21,9	0,45	9,86
Zid prema susjednoj prostoriji	0,30	22,7	0,50	3,41
Prozor	1,00	2,40	1,80	4,32
Puna vrata	1,00	1,60	2,90	4,64
Krov	0,90	18	0,30	4,86
Pod	0,30	18	0,50	2,7
Ukupni koeficijent transmisivskih toplinskih gubitaka $H_T = \sum(A \cdot U \cdot f_k)$				29,79
Ukupni transmisivski toplinski gubici muškog WC-a $H_T \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$				953,28 [W]

izvor: izvorno autorski

U tablici 13 prikazani su ukupni transmisijski gubici objekta po svakoj prostoriji. Ukupni gubici iznose 11300,43 [W].

Tablica 13. Ukupni transmisijski toplinski gubici objekta

PROSTORIJA	POVRŠINA [m²]	TRANSMISIJSKI GUBICI [W]
Ured “1“	24	949,76
Ured “2“	24	813,68
Ured “3“	24	813,68
Ured “4“	24	813,68
Arhiva	24	949,76
Hodnik	74,4	2906,40
Soba za sastanke	49,2	1234,24
Kuhinja	36	1068,20
Ženski WC	18	797,76
Muški WC	18	953,28
Ukupno:	315,6	11300,43 [W]

izvor: izvorno autorski

7.1.2. Ventilacijski toplinski gubici

Prema EN HRN ISO 12831 ventilacijski toplinski gubici bez uporabe (rekuperacije) otpadne topline (Φ_{v1}) iskazuju se izrazom [8]:

$$\Phi_{v1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-}ulaz} - \theta_e), [W]$$

V_z označava potrebni volumni protok zraka koji se izračunava prema sljedećem izrazu:

$$[m^3/h] \quad V_z = V_p \cdot I_z,$$

Potreban broj izmjena zraka za prostorije ovisno o vrsti i namjeni prostora prikazan je u tablici 14 [9].

Tablica 14. Potreban broj izmjena zraka za prostore

vrsta i namjena prostora	I_z
Hotelska soba, apartman	2-4
Recepcija, dnevni boravak, hol	3-5
Uredi s prozorima, spremište Uredi bez prozora, hodnici, restoran, kafe bar, noćni klub, trgovina, garderoba, sala	3-6 4-8
Sanitarni prostori (odsis), wellness, stacionar	6-10
Kuhinja, skladište hrane	15-30

izvor: Prebeg, D.: *Vježbe iz kolegija Toplinske mreže*, MEV, Čakovec, 2016.

Toplina dobivena procesom rekuperacije (Φ_R) iz otpadnog zraka prostora u rekuperator klima komore određuje se sljedećim izrazom:

$$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda, [W]$$

Ventilacijski gubitci s korištenjem rekuperacije dobivaju se iz sljedećeg izraza:

$$\Phi_V = \Phi_{V1} - \Phi_R, [W]$$

U nastavku slijedi proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka. Za svaku prostoriju zasebno bit će izračunati gubitci koji će biti prikazani u tablicama. Također, važno je uzeti u obzir opće uvjete: volumen, potreban broj izmjena zraka, razlika između temperature ubačenog zraka u prostor i vanjske projektne temperature te razlika između unutarnje projektne temperature i vanjske projektne temperature.

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka ureda

U tablici 15 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka ureda volumena $V_U = 64,80 \text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice

14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi na grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ unutarnje projektne temperature $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tablica 15. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka ureda 1, 2, 3 i 4

Opći uvjeti: $V_U = 64,8 \text{ m}^3$; $I_z = 4$; $\theta_e = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Potrebni volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	259,20
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh/kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg/m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[^{\circ}\text{C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[^{\circ}\text{C}]$	20
Vanjska projektna temperatura	θ_e	$[^{\circ}\text{C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubitci [W]	$\Phi_v = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e)$		2612,74
Toplina iz rekuperacije [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda$		1219,28
Ventilacijski toplinski gubitci za četiri ureda: , [W]	$\Phi_{vu} = 4 \cdot (\Phi_{v1} - \Phi_R)$		5573,84 [W]
Ukupni toplinski gubitci za četiri ureda: [W]	$\Phi_{uku} = \Phi_{Tu} + \Phi_{Vu}$		8964,64 [W]

NAPOMENA: Ukupni ventilacijski toplinski gubitci izračunati su za sva 4 ureda

izvor: izvorno autorski

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka arhive

U tablici 16 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka arhive volumena $V_A = 64,80 \text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice 14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ unutarnje projektne

temperature $\theta_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{e}} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tablica 16. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka arhive

Opći uvjeti: $V_A = 64,8\text{ m}^3$; $I_z = 4$; $\theta_{\text{e}} = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_{\text{e}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{e}} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$

Potrebni volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	259,20
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh}/\text{kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[\text{ }^{\circ}\text{C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[\text{ }^{\circ}\text{C}]$	20
Vanjska projektna temperatura	θ_{e}	$[\text{ }^{\circ}\text{C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubici $\theta_{\text{e}})$, [W]	$\Phi_{v1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_{\text{e}})$		2612,74
Toplina iz rekuperacije , [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{e}}) \cdot \lambda$		1219,28
Ventilacijski toplinski gubici arhive , [W]	$\Phi_{vA} = \Phi_{v1} - \Phi_R$		1393,46 [W]
Ukupni toplinski gubici arhive , [W]	$\Phi_{ukA} = \Phi_{TA} + \Phi_{vA}$		2343,22 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka hodnika

U tablici 17 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka hodnika volumena $V_H = 200,88\text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice 14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_{\text{e}} = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$ unutarnje projektne temperature $\theta_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{e}} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tablica 17. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka hodnika

Opći uvjeti: $V_H = 200,88 \text{ m}^3$; $I_z = 4$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Potrebni volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	803,52
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh/kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg/m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	20
Vanjska projektna temperatura	θ_e	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubici θ_e , [W]	$\Phi_{v1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e)$		8099,48
Toplina iz rekuperacije , [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda$		3779,76
Ventilacijski toplinski gubici hodnika Φ_R , [W]	$\Phi_{vh} = \Phi_{v1} - \Phi_R$		4319,72 [W]
Ukupni toplinski gubici hodnika [W]	$\Phi_{ukh} = \Phi_{Th} + \Phi_{vh}$		7226,12 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka sobe za sastanke

U tablici 18 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka sobe za sastanke volumena $V_S = 132,84 \text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice 14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$ unutarnje projektne temperature $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tablica 18. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka sobe za sastanke

Opći uvjeti: $V_S = 132,84 \text{ m}^3$; $I_z = 4$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Potrebni volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	531,36
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh/kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg/m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	20
Vanjska projektna temperatura	θ_e	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubici θ_e , [W]	$\Phi_{v1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e)$		5356,11
Toplina iz rekuperacije , [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda$		2499,52
Ventilacijski toplinski gubici sobe za sastanke Φ_R , [W]	$\Phi_{vs} = \Phi_{v1} - \Phi_R$		2856,60 [W]
Ukupni toplinski gubici sobe za sastanke , [W]	$\Phi_{uks} = \Phi_{Ts} + \Phi_{vs}$		4111,00 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka kuhinje

U tablici 19 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka kuhinje volumena $V_K = 97,20 \text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice 14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$ unutarnje projektne temperature $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tablica 19. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka kuhinje

Opći uvjeti: $V_K = 97,2 \text{ m}^3$; $I_z = 10$; $\theta_e = -8 \text{ °C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e = 30 \text{ °C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 28 \text{ °C}$

Potrebni volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	972,00
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh/kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg/m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[\text{°C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[\text{°C}]$	20
Vanjska projektna temperatura	θ_e	$[\text{°C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubici θ_e , [W]	$\Phi_v = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e)$		9797,76
Toplina iz rekuperacije , [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda$		4572,29
Ventilacijski toplinski gubici kuhinje , [W]	$\Phi_{vk} = \Phi_{v1} - \Phi_R$		5225,47 [W]
Ukupni toplinski gubici kuhinje [W]	$\Phi_{ukk} = \Phi_{Tk} + \Phi_{Vk}$		6293,67 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka ženskog WC-a

U tablici 20 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka ženskog WC-a volumena $V_{\text{žWC}} = 48,60 \text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice 14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 30 \text{ °C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ °C}$ unutarnje projektne temperature $\theta_{\text{int}} = 24 \text{ °C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 32 \text{ °C}$.

Tablica 20. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka ženskog WC-a

Opći uvjeti: $V_u = 48,6 \text{ m}^3$; $I_z = 5$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Potrebni volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	243,0
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh/kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg/m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	24
Vanjska projektna temperatura	θ_e	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubici θ_e), [W]	$\Phi_{v1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} -$		2449,44
Toplina iz rekuperacije , [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda$		1306,37
Ventilacijski toplinski gubici ženskog WC-a Φ_R), [W]	$\Phi_{\text{vWC}} = (\Phi_{v1} -$		1143,07 [W]
Ukupni toplinski gubici ženskog WC-a Φ_{vWC} , [W]	$\Phi_{\text{uk}} = \Phi_{\text{TWC}} +$		1940,83 [W]

izvor: izvorno autorski

Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka muškog WC-a

U tablici 21 prikazan je proračun ventilacijskih gubitaka muškog WC-a volumena $V_{\text{mWC}} = 48,60 \text{ m}^3$. Opći uvjeti koji su potrebni za daljnji proračun su broj izmjena zraka koji se iščitava iz tablice 14, temperature ubačenog zraka u prostor ($\theta_{\text{int-ulaz}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$), usvojene vanjske projektne temperature zimi za područje grada Rijeke koja iznosi $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$ unutarnje projektne temperature $\theta_{\text{int}} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ i razlike te temperature i vanjske projektne temperature koja iznosi $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tablica 21. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka muškog WC-aOpći uvjeti: $V_u = 48,6 \text{ m}^3$; $I_z = 5$; $\theta_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int-ulaz}} - \theta_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{int}} - \theta_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Potrební volumni protok zraka	V_z	$[\text{m}^3/\text{h}]$	243,0
Specifični toplinski kapacitet zraka	c_z	$[\text{Wh/kgK}]$	0,28
Gustoća zraka	ρ_z	$[\text{kg/m}^3]$	1,2
Temperatura ubačenog zraka u prostor	$\theta_{\text{int-ulaz}}$	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	22
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	24
Vanjska projektna temperatura	θ_e	$[\text{ }^\circ\text{C}]$	-8
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ		0,50
Ventilacijski toplinski gubici θ_e), [W]	$\Phi_{v1} = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int-ulaz}} -$		2449,44
Toplina iz rekuperacije , [W]	$\Phi_R = V_z \cdot c_z \cdot \rho_z \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \cdot \lambda$		1306,37
Ventilacijski toplinski gubici muškog WC-a Φ_R), [W]	$\Phi_{\text{vWC}} = (\Phi_{v1} -$		1143,07 [W]
Ukupni toplinski gubici muškog WC-a Φ_{vWC} , [W]	$\Phi_{\text{uk}} = \Phi_{\text{TWC}} +$		2096,35 [W]

izvor: izvorno autorski

U tablici 22 prikazani su ukupni ventilacijski gubici objekta po svakoj prostoriji. Ukupni gubici iznose 21655,23 [W].

Tablica 22. *Ukupni ventilacijski toplinski gubici objekta*

PROSTORIJA	VOLUMEN [m³]	VENTILACIJSKI GUBICI [W]
Ured “1“	64,8	1393,46
Ured “2“	64,8	1393,46
Ured “3“	64,8	1393,46
Ured “4“	64,8	1393,46
Arhiva	64,8	1393,46
Hodnik	200,88	4319,72
Soba za sastanke	132,84	2856,60
Kuhinja	97,2	5225,47
Ženski WC	48,6	1143,07
Muški WC	48,6	1143,07
Ukupno:	852,12	21655,23 [W]

izvor: izvorno autorski

7.1.3. Ukupni toplinski gubici

U tablici 23 dan je pregled ukupnih toplinskih gubitaka po svakoj prostoriji. Kako je i iz tablice vidljivo ukupni transmisijski gubici iznose 11300,43 [W], ukupni ventilacijski 21655,23 [W], a volumni protok zraka iznosi 4088,88 [m³/h]. Nakon što se zbroje transmisijski i ventilacijski gubici, oni iznose 32955,66 [W].

Tablica 23. Ukupni toplinski gubici objekta

PROSTORIJA	POVRŠINA [m ²]	TRANSMISIJSKI GUBICI [W]	VOLUMEN [m ³]	VENTILACIJSKI GUBICI [W]	VOLUMNI PROTOK ZRAKA [m ³ /h]	UKUPNI TOPLINSKI GUBICI [W]
Ured "1"	24	949,76	64,8	1393,46	259,20	2343,22
Ured "2"	24	813,68	64,8	1393,46	259,20	2207,14
Ured "3"	24	813,68	64,8	1393,46	259,20	2207,14
Ured "4"	24	813,68	64,8	1393,46	259,20	2207,14
Arhiva	24	949,76	64,8	1393,46	259,20	2343,22
Hodnik	74,4	2906,40	200,88	4319,72	803,52	7226,12
Soba za sastanke	49,2	1234,23	132,84	2856,60	531,36	4090,83
Kuhinja	36	1068,20	97,2	5225,47	972,0	6293,67
Ženski WC	18	797,76	48,6	1143,07	243,00	1940,83
Muški WC	18	953,28	48,6	1143,07	243,00	2096,35
Ukupno:	315,6	11300,43 [W]	852,12	21655,23 [W]	4088,88	32955,66
			[m³]		[m³/h]	[W]

izvor: izvorno autorski

Potrebno je volumni protok zraka povećati za 20%, pa on iznosi 4906,66 [m³/h]. Također je potrebno povećati i potrebni toplinski učinak koji iznosi 33 [kW] za 20%, pa nakon povećanja iznosi 39,60 [kW] te se to zaokružuje na 40 [kW].

7.2. Izvedba toplinske mreže

Objekt će se grijati pomoću mreže centralnog grijanja odnosno kondenzacijskim plinskim kotlom. U današnje doba kondenzacijski uređaji imaju veliku isplativost. Kondenzacijska tehnika je djelotvorna tehnika kojom se putem izgaranja prirodni plin pretvara u korisnu toplinu. Pritom kondenzacijska tehnika slijedi ideju vodilju da kotao radi samo s temperaturom koja je potrebna za pokrivanje trenutne potrebe za toplinom čime se gubici svode na minimum.

Odabrani je kotao marke Bosch Condens 7000 WZBR 42 – Anazivnogučinka $Q_{gr}=40,80$ [kW], koji će bitismještenukotlovnici.. Radi izuzetno tiho, a istodobno na bazi najsuvremenije kondenzacijske tehnologije pruža maksimalni komfor grijanja i potrošnje tople vode. Condens 7000 W ima visokoučinkovitu crpku s aluminijsko-silicijskim izmjenjivačem topline te jednostavnim upravljanjem pomoću tekstualnog zaslona. Također ima visokinormnistupanjiskorištenjauz pomoć patentiranesolarneoptimizacije ienergetski štedljivepumpetejeprihvatljivvzaokoliš zbogposebnomaleemisijedušičnihoksida (NO_x) iugljičnogdioksida (CO_2) [10].



Slika 9. *Bosch Condens 7000 W ZBR 42 – A*

izvor:<http://www.bosch-climate.com.hr/stranicaprodukta/plinsko-grijanje/kondenzacijski-uredaji/condens-7000-w.html> (preuzeto: 02.09.2016.)

Condens 7000 W	ZBR 42-3 A
	> Podatkovni list
Model	ZBR 42-3 A
Maks. nazivni toplinski učinak (Pmax) 40/30 °C kW	40,8
Maks. nazivni toplinski učinak (Pmax) 50/30 °C kW	40,4
Min. nazivni učinak grijanja (Pmin) 40/30 °C kW	10,2
Min. nazivni učinak grijanja (Pmin) 50/30 °C kW	10,1
Namjena	za grijanje
Masa (bez ambalaže) kg	40
Širina mm	440
Visina mm	850
Dubina mm	350

Slika 10. Tehnički podatci Bosch Condens 7000 W ZBR 42 – A

izvor:<http://www.bosch-climate.com.hr/stranicaproizvoda/plinsko-grijanje/kondenzacijski-uredaji/> (preuzeto: 20.08.2016.)

Potrebno je odabrati pločaste radijatore koji će služiti kao ogrjevna tijela i ujedno zagrijavati prostorije. Odabrala sam radijatore marke Vaillant. Za svaku prostoriju potrebna je drugačija snaga radijatora. Potrebna snaga radijatora za svaku prostoriju zasebno data je u tablici 24 [11].

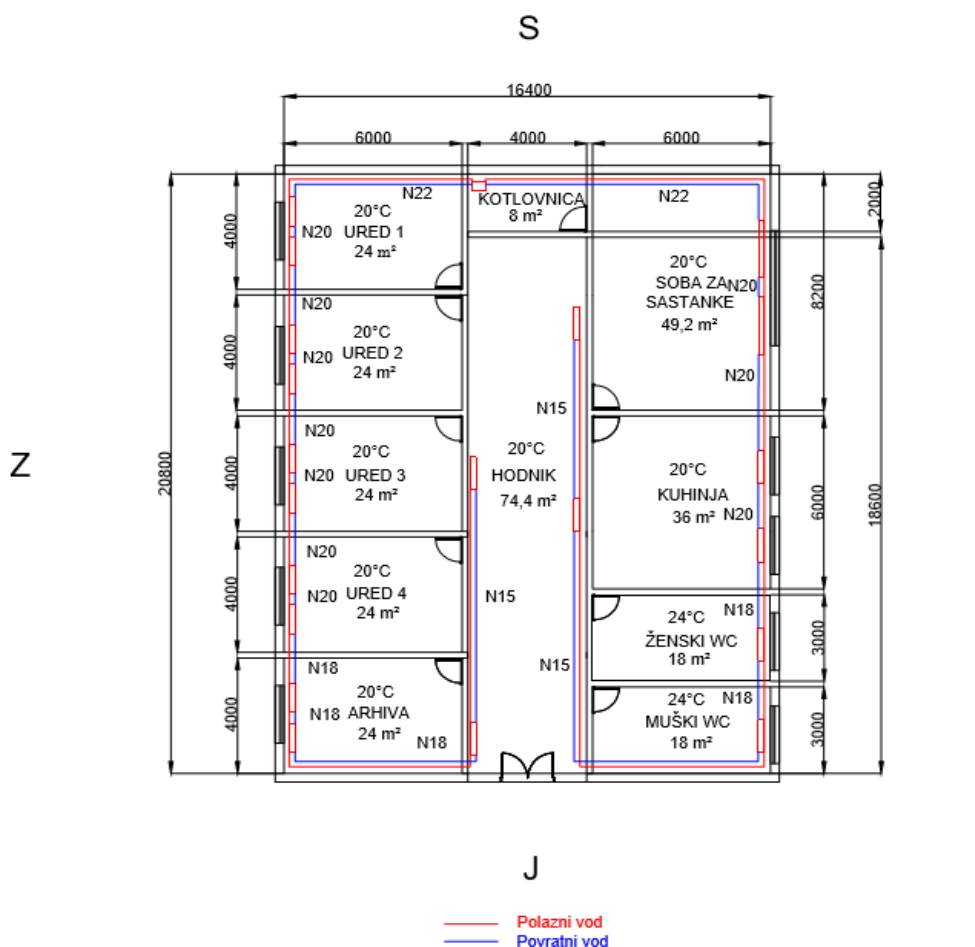
Tablica 24. Potrebna snaga radijatora po prostorijama

PROSTORIJA	MARKA RADIJATORA	BROJ RADIJATORA	POTREBNA SNAGA RADIJATORA [W]
Ured “1“	Vaillant	2	2594
Ured “2“	Vaillant	2	2594
Ured “3“	Vaillant	2	2594
Ured “4“	Vaillant	2	2594
Arhiva	Vaillant	2	2594
Hodnik	Vaillant	4	3192
Soba za sastanke	Vaillant	1	4600
Kuhinja	Vaillant	2	3450
Ženski WC	Vaillant	1	3480
Muški WC	Vaillant	1	3450

izvor: izvorno autorski

**Slika 11.** Prikaz pločastog radijatoraizvor: <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici/> (preuzeto: 20.08.2016.)

Na slici 12 prikazan je tlocrt objekta s ucrtanom toplinskom mrežom koja se sastoji od kondenzacijskog plinskog kotla i pločastih radijatora raspoređenih po prostorijama. Crvenom bojom prikazan je polazni vod, a plavom isprekidanom linijom povratni vod. Uz navedene vodove upisane su odgovarajuće dimenzije cjevovoda koje se kreću od 22 mm do 15 mm.



Slika 12. Prikaz toplinske mreže grijanja

izvor: izvorno autorski

8. ZAKLJUČAK

Daljinsko grijanje je opskrba potrošača toplinskom energijom za grijanje pomoću vode kao prijenosnika energije koji se na potrebnu temperaturu zagrijava na jednom mjestu (toplani) i preko razvodne mreže distribuira prema toplinskim podstanicama u kojima se u toplinskim izmjenjivačima toplina predaje na kućnu cjevnu mrežu.

Sustav daljinskog grijanja može se podijeliti u dvije glavne skupine: prema energetske stanju prijenosnika i prema vrsti izvora topline u kojem se proizvodi energija. Prema energetske stanju prijenosnika su: toplovodni, vrelovodni i parovodni.

Neke od prednosti daljinskog grijanja su: proizvodi se toplinska energija na jednom mjestu te to omogućava kvalitetnije održavanje, lakšu kontrolu onečišćenja zraka, mogućnost korištenja više raznih vrsta goriva, lakše dopremanje goriva samo na jedno mjesto, ne javljaju se problemi skladištenja, potreba za manjim i jednostavnijim postrojenjima objekata potrošača.

Postrojenja daljinskog grijanja sastoje se od kotlovnice (toplane) za proizvodnju energije i distribuciju do potrošača, vanjske razvodne cjevne mreže koja kotlovnicu povezuje s toplinskim postajama potrošača i kućne toplinske stanice u objektima potrošača, na koju se dalje nastavlja instalacija.

Razvodna se mreža sastoji od dvije glavne cijevi: polazne i povratne. One služe za cirkulaciju vrele vode kao prijenosnika energije od toplane do potrošača. Nosilac topline može biti voda ili para. Toplovod se postavlja nadzemno ili podzemno u kanalima. O načinu njegovog postavljanja ovise i toplinski gubici.

Toplinska stanica je zaokružena cjelina daljinskog grijanja namijenjena za objekte te kao takva služi za opskrbu potrošača toplinskom energijom za grijanje prostora i istovremenu pripremu potrošne tople vode. Njezina podjela dijeli se u dvije skupine: toplinska stanica direktnog i indirektnog tipa. Direktnog tipa koristi se u manjim ili starijim sustavima. Indirektnog tipa se u današnje vrijeme jako koristi i gradi. Razlog je odvojenost sustava grijanja prostora i prijenosne mreže, smanjenje cijena i kvalitetniji rad sustava.

U današnje je vrijeme uobičajeno mjerenje toplinske energije na ulazu objekta pomoću mjerila toplinske energije (kalorimetra). Također postoji niz načina da se potrošena energija izmjeri prema potrošnji.

Mjerenje pomoću razdjelnika koristi posebne uređaje koji se postavljaju na svako ogrjevno tijelo u prostoru i koji njihovo odvajanje topline u okolinu bilježi u brojčanoj vrijednosti. Takav način mjerenja je iznimno pogodan za sustav zajedničkog grijanja jer ne zahtijeva zahvate na instalacijama.

Razdjelnik s isparavanjem je razdjelnik sa specijalnom tekućinom s niskom točkom isparavanja i skalom za očitovanje razine tekućine. Ima nisku cijenu ugradnje, ali mana mu je što se vrijednost može samo vizualno očitati.

Električni razdjelnici se ugrađuju u nove objekte koji se spajaju na sustav daljinskog grijanja. Troškovi njihovog ulaganja su relativno visoki.

Mjerenje utrošene toplinske energije po stanu pomoću mjerila toplinske energije koristi se pri izgradnji novih objekata koji se spajaju na sustav daljinskog grijanja. Zbog specifičnog načina izvođenja instalacija, njihova ugradnja nije moguća u postojeće objekte sa zajedničkim instalacijama.

Objekt za koji je izračunati proračun grijanja, sastoji se od četiri ureda, arhive, hodnika, kotlovnice, sobe za sastanke, kuhinje i ženskog i muškog WC-a. Za sve navedene prostorije bilo je potrebno izračunati toplinske gubitke koji se sastoje od transmisijskih i ventilacijskih gubitaka kako bi se dobio toplinski učinak temeljem kojeg se odabire kondenzacijski plinski kotao.

Kotao je proizvod tvrtke Bosch, smješten je u kotlovnici, te zadovoljava toplinski učinak. Radi izuzetno tiho, pruža maksimalni komfor grijanja i potrošnje tople vode. Osim toga, ima visoko učinkovitu crpku s aluminijsko-silicijskim izmjenjivačem topline, jednostavan je za upravljanje pomoću tekstualnog zaslona. Uz to, ekološki je prihvatljiv. U svaku prostoriju postavljeni su pločasti radijatori proizvođača Vaillant čija snaga ovisi o površini prostorije. Radijator u svakoj prostoriji služi kao ogrjevno tijelo koje iste prostorije i zagrijava.

9. LITERATURA

- [1] Šivak M., (1998.), “ *Centralno grijanje, klimatizacija, ventilacija* “
- [2] Labudović B., Paić Z., Vuk R., (2005.), “ *Priručnik za grijanje* “
- [3] <http://www.bosch-climate.com.hr/stranicaproizvoda/plinsko-grijanje/kondenzacijski-uredaji/> (preuzeto: 20.08.2016.)
- [4] <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici/> (preuzeto: 20.08.2016.)
- [5] <http://termometal.hr/vaillant-vairad-grupa-256/> (preuzeto: 20.08.2016.)
- [6] <https://www.rehau.com/ba-bs/gradnja/grijanje-hladjenje/daljinsko-grijanje>(preuzeto: 01.09.2016.)
- [7] <http://www.danfoss.hr/productrange/heatingsolutions/elektromotorni-ventili/pregled-dosjednih-ventila/ventili-za-daljinsko-grijanje/> (preuzeto: 01.09.2016.)
- [8] Mijović, B.: *Predavanja iz kolegija Toplinske mreže*, MEV, Čakovec, 2016
- [9] Prebeg, D.: *Vježbe iz kolegija Toplinske mreže*, MEV, Čakovec, 2016.
- [10] <http://www.bosch-climate.com.hr/stranicaproizvoda/plinsko-grijanje/kondenzacijski-uredaji/condens-7000-w.html> (preuzeto: 02.09.2016.)
- [11] https://cee.hr/izracun-snage-radijatora/?gclid=Cj0KEQjw9b6-BRCq7YP34tvW_uUBEiQAK3svWeDWWZMsK_g8L9vgQTnGtGxpUhxKlhmSw0SsLmQOGYaArvj8P8HAQ(preuzeto: 02.09.2016.)
- [12] <http://hrcak.srce.hr/98206>(preuzeto: 03.09.2016.)
- [13] http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelenazona/zivim_zeleno/energetski_ucinkovit_dom/solarno_daljinsko_grijanje (preuzeto: 03.09.2016.)
- [14] http://solar-district-heating.eu/Portals/17/SDH-Rescue_poziv_na_konferenciju.pdf (preuzeto: 03.09.2016.)

[15] [http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VBGSB302_Sep2014_CS6%20Hrvatski%20PAGE S.pdf](http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VBGSB302_Sep2014_CS6%20Hrvatski%20PAGE%20S.pdf) (preuzeto: 04.09.2016.)

[16] <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/kraut-strojarskiprirucnik.pdf>
(preuzeto: 04.09.2016.)

PRILOZI

POPIS SLIKA

Slika 1. <i>Sustav daljinskog grijanja i proizvodnja električne energije.....</i>	8
Slika 2. <i>Način vođenja cjevovoda kod daljinskog grijanja</i>	13
Slika 3. <i>Vrsta toplovodnih mreža</i>	13
Slika 4. <i>Načelna shema direktne vrelovodne stanice</i>	22
Slika 5. <i>Povezivanje vrelovoda s kućnom instalacijom – direktni sustav</i>	23
Slika 6. <i>Povezivanje vrelovoda s kućnom podstanicom – indirektni sustav</i>	24
Slika 7. <i>Mjerenje potrošnje na vrelovodu</i>	26
Slika 8. <i>Izgled razdjelnika sa isparavanjem</i>	27
Slika 9. <i>Bosch Condens 7000 W ZBR 42-A</i>	51
Slika 10. <i>Tehnički podaci Bosch Condens 7000 W ZBR 42-A</i>	52
Slika 11. <i>Prikaz pločastog radijatora</i>	53
Slika 12. <i>Prikaz toplinske mreže grijanja</i>	54

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1.</i> Snaga kod kojih je dozvoljeno koristiti membransku posudu	17
<i>Tablica 2.</i> Projektne temperature zimskog zraka za različite prostorije	30
<i>Tablica 3.</i> Vrijednosti koeficijenta prolaska topline $U[W/m^2K]$	30
<i>Tablica 4.</i> Temperaturni korekcijski faktor toplinskih gubitaka (f_x)	31
<i>Tablica 5.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka ureda 1	32
<i>Tablica 6.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka ureda 2,3 i 4	33
<i>Tablica 7.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka arhive	34
<i>Tablica 8.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka hodnika	35
<i>Tablica 9.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka sobe za sastanke	36
<i>Tablica 10.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka kuhinje	37
<i>Tablica 11.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka ženskog WC-a	38
<i>Tablica 12.</i> Proračun transmisijских toplinskih gubitaka muškog WC-a	39
<i>Tablica 13.</i> Ukupni transmisijски toplinski gubitci objekta	40
<i>Tablica 14.</i> Potreban broj izmjena zraka za prostore	41
<i>Tablica 15.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka ureda 1,2,3 i 4	42
<i>Tablica 16.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka arhive	43
<i>Tablica 17.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka hodnika	44
<i>Tablica 18.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka sobe za sastanke	45
<i>Tablica 19.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka kuhinje	46
<i>Tablica 20.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka ženskog WC-a	47
<i>Tablica 21.</i> Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka muškog WC-a	48
<i>Tablica 22.</i> Ukupni ventilacijski toplinski gubitci objekta	49
<i>Tablica 23.</i> Ukupni toplinski gubitci objekta	50
<i>Tablica 24.</i> Potrebna snaga radijatora po prostorijama	51

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
ϑ	$^{\circ}\text{C}$	<i>temperatura</i>
A	m	<i>površina</i>
H	m	<i>visina</i>
V	m^3/h	<i>volumen</i>
V_z	m^3/h	<i>potrebni volumni protok</i>
U	$\text{W}/m^2\text{K}$	<i>koeficijent prolaska topline</i>
f_k		<i>temperaturni korekcijski faktor</i>
I_z		<i>potreban broj izmjena</i>
Q_{GR}	W	<i>toplinski učin</i>